

010362903

WPI Acc No: 95-264216/199535

XRAM Acc No: C95-120390

Cross-flow micro-filtration of beer process loosens filter deposits at regular intervals - using a caustic soda solution, maintaining a high flux rate without a large increase in energy demand

Patent Assignee: WISSENSCHAFTSFOERDERUNG DEUT BRAUWIRTSCH (WISS-N)

Inventor: DENK V; GANS U

Number of Countries: 027 Number of Patents: 012

Patent Family:								Week
Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Main IPC		
DE 4401456	A1	19950720	DE 4401456	A	19940119	C12H-001/06		199535 B
WO 9520038	A1	19950727	WO 95EP198	A	19950119	C12H-001/06		199535
AU 9515359	A	19950808	AU 9515359	A	19950119	C12H-001/06		199545
ZA 9500384	A	19951129	ZA 95384	A	19950118	C12H-000/00		199601
EP 689585	A1	19960103	EP 95906979	A	19950119	C12H-001/06		199606
			WO 95EP198	A	19950119			
BR 9505827	A	19960312	BR 955827	A	19950119	C12H-001/06		199616
			WO 95EP198	A	19950119			
CZ 9502716	A3	19960515	CZ 952716	A	19950119	C12H-001/06		199627
JP 8512244	W	19961224	JP 95519342	A	19950119	B01D-065/06		199710
			WO 95EP198	A	19950119			
HU 72368	T	19960429	HU 952988	A	19950119	C12H-001/06		199742
			WO 95EP198	A	19950119			
AU 685905	B	19980129	AU 9515359	A	19950119	C12H-001/06		199812
MX 9500542	A1	19970201	MX 95542	A	19950118	C12C-001/00		199818
EP 689585	B1	19991013	EP 95906979	A	19950119	C12H-001/075		199947
			WO 95EP198	A	19950119			

Priority Applications (No Type Date): DE 4401456 A 19940119

Language, Pages: DE 4401456 (13); WO 9520038 (G, 29); ZA 9500384 (26); EP 689585 (G); JP 8512244 (25); EP 689585 (G)

Abstract (Basic): DE 4401456 A

During the brewing process beer is subjected to cross-flow micro-filtration during which period the filter membrane becomes increasingly clogged with deposits requiring cleaning at regular intervals. The novelty is that the membrane is cleaned at intervals with a caustic solution and the particle deposits are washed away with water. The filtration is further improved by increasing the trans-membrane pressure (p) at regular intervals, while the beer flow speed (v) is continually increased.

USE - The process is used to filter beer during brewing.

ADVANTAGE - The process maintains a high flux rate without a large increase in energy demand.

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 44 01 456 A 1**

51 Int. Cl.⁸:
C 12 H 1/06
B 01 D 61/14

21 Aktenzeichen: P 44 01 456.2
22 Anmeldetag: 19. 1. 94
23 Offenlegungstag: 20. 7. 95

DE 44 01 456 A 1

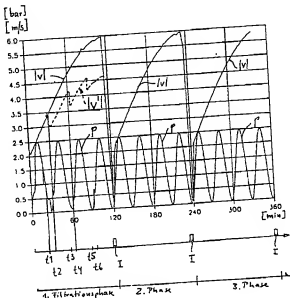
71 Anmelder:
Wissenschaftsförderung der Deutschen
Brauwirtschaft e.V., 53175 Bonn, DE

72 Vertreter:
Reinhard, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Skuhra, U.,
Dipl.-Ing.; Weise, R., Dipl.-Ing.; Bahnsch, W.,
Dipl.-Biol. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 80801 München

73 Erfinder:
Denk, Viktor, Prof. Dr., 85402 Kranzberg, DE; Gans,
Ulrich, 85354 Freising, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

- 50 Verfahren zum Klären von Bier mit Hilfe der Crossflow-Mikrofiltration
- 51 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Crossflow-Mikrofiltration von Bier. Um das Zusetzen der Membran des Filtermoduls durch die als Deckschicht abgelagerten des auszufiltrierenden Inhaltsstoffe des ungeklärten Bieres zu verhindern, wird die Filtration in Intervallen unterbrochen. In diesen Intervallen wird die Deckschicht auf einer anschliessenden kurzen Pause mit Lauge angelöst, wonach an der Membran chemisch mit Lauge angelöst, wonach an der Membran schliessend die Deckschicht durch Rückspülen der Membran mit Wasser entfernt wird. Zur weiteren Verbesserung der Filtration wird während der Filtrationsphase der transmembrane Druck (p) nach einer im wesentlichen periodischen Zeitfunktion gesteuert und die Überströmgeschwindigkeit (v) des Bieres über die Membran im wesentlichen kontinuierlich angehoben.



DE 44 01 456 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
BUNDESDRUCKEREI 05.95 508 029/327

14/28

1

Beschreibung

Durch die Filtration von Bier sollen Hefe und andere Trübstoffe sowie kolloidal gelöste Stoffe, insbesondere Eiweiße, entfernt werden, um dem Bier ein blankes glanzfreies Aussehen zu geben und die chemisch-physikalische sowie biologische Haltbarkeit zu erhöhen.

Neben der bis heute am häufigsten verwendeten Kieselgurfiltration wird insbesondere aufgrund der kostenintensiven Entsorgung der Kieselgurtschlämme verschiedene andere Filtrationsverfahren einzusetzen. Ein solches Verfahren ist die Quersstrom- bzw. Crossflow-Mikrofiltration, bei der das ungeklärte oder vorgeklärte Bier in einem Filtrationsmodul eine poröse Membran überströmt, so daß sich zwischen dieser Überström- bzw. Unfiltratseite und der gegenüberliegenden Filtratseite der Membran ein transmembraner Druck einstellt und dadurch ein Teil des der Membran überströmenden Bieres diese quer durchströmt und als gereinigtes Filtrat auf der Filtratseite gesammelt wird. Während dieser Filtration setzen sich auf der Membranoberfläche auf der Unfiltratseite die auszufiltrierenden Inhaltsstoffe teilweise als Deckschicht ab. Diese Deckschicht darf nicht zu kompakt werden, damit die Durchströmung der Membran während des gesamten Filtrationsprozesses sichergestellt ist.

Aus der EP 0 351 363 A1 ist die Crossflow-Mikrofiltration von Bier bekannt, wobei das Bier gleichzeitig während der Filtration mit Hilfe eines Stabilisierungsmittels, vorzugsweise PVPP, stabilisiert wird. Um ein frühzeitiges Zusetzen der Membranporen zu vermeiden, wird dem zu filtrierenden Bier noch ein körniges oder flockiges Filterhilfsmittel zugesetzt, das sich auf der Membran absetzt und eine Verstopfung der Membranporen durch Trübstoffe etc. verhindern soll. Als solches Filterhilfsmittel kann z. B. Kieselgur oder Perlit verwendet werden.

Hiermit ist es zwar möglich, die als Teilchen vorliegenden Inhaltsstoffe des Bieres daran zu hindern, die Membranporen zu verstopfen; es ist jedoch mit diesem Verfahren nicht möglich, die kolloidal gelösten Stoffe, insbesondere Eiweißstoffe durch das Filterhilfsmittel aufzufangen. Diese kolloidal gelösten Inhaltsstoffe bilden bei den notwendigen niedrigen Temperaturen bei der Bierfiltration von ca. 0°C eine gel- oder gallertartige Masse, die die Deckschicht durchdringen und zwangsläufig die Membranporen zusetzen. Die Effektivität der Filtration wird dadurch relativ rasch reduziert. Aus diesem Grunde ist es gemäß dieser europäischen Patentanmeldung vorgesehen, nach Abschluß des Filtrationsprozesses die Membran zu reinigen. Dies kann durch Spülen, Erhöhen oder Umkehren der Überströmgeschwindigkeit erreicht werden oder durch Rückspülung, indem eine gewisse Filtratmenge von der Filtratseite durch die Membran auf die Unfiltratseite gedrückt wird. Die periodische Membranreinigung erfolgt insbesondere durch Spülen, wodurch die Deckschicht zunächst grob teilweise entfernt wird, und durch ein anschließendes Waschen mit heißer Lauge und ein Sterilisieren, wobei gleichzeitig noch das als Stabilisierungsmittel verwendete PVPP in der Anlage gereinigt und regeneriert wird. Der Aufwand für diese Reinigung ist jedoch relativ hoch und zeitaufwendig und verringert die Effektivität der Filtration.

Aus der EP 0 427 376 A2 ist eine Crossflow-Mikrofiltrationsanlage bekannt, bei der die Förderpumpe in einen Diagonalzweig einer aus vier Ästen aufgebauten Leitungsschleife eingebaut ist, wobei in sämtlichen

Ästen der Schleife ein Absperrventil vorgesehen ist. An den Verzweigungen, an denen die Pumpe angeschlossen ist, ist der Zulauf von einem Vorratstank bzw. der Rücklauf zu dem Vorratstank angeschlossen, während die beiden anderen Verzweigungspunkte an die beiden Enden des Filtermoduls angeschlossen sind. Durch Öffnen und Schließen entsprechender Ventile kann bei dieser Filtrationsanlage die Überströmrichtung der Flüssigkeit über die Membran umgekehrt werden. Außerdem ist es durch entsprechende Anordnung der Schaltung der Ventile möglich, Flüssigkeit von der Filtratseite durch die Membran zu saugen, um dadurch die Deckschicht mehr oder minder abzubauen. Dies gelingt jedoch nur unvollkommen, da bei der Filtration von Bier die Membranporen auch durch die gel- bzw. gallertartigen kolloidal gelösten Stoffe verstopft sind, die im Gegensatz zu sonstigen Partikeln der Deckschicht nicht ohne weiteres durch Rückwaschen entfernt werden können; vielmehr wird die durch die Membran gesaugte Flüssigkeit den Weg des geringsten Widerstandes wählen, d. h. die Membran nur dort durchströmen, wo lokal die Membran durchlässig ist. Eine vollständige Reinigung der Membran ist mit einem solchen Verfahren nicht möglich.

Es ist ferner eine sogenannte integrierte Rückspülung der Membran bekannt, indem der transmembraner Druck längs der Membran z. B. durch Drosseln des Filtratabganges so eingestellt wird, daß ein Teil der Membran, z. B. die in Strömungsrichtung hinteren Hälfte von der Filtrat- zur Unfiltratseite von dem Filtrat durchströmt wird, wobei ebenfalls ein Teil der dort vorhandenen Deckschicht entfernt wird; vgl. S. Ripberger, Mikrofiltration mit Membranen, Verlag Chemie, Weinheim, 1992, Seite 133.

Es ist ferner auch vorgeschlagen worden, mehrere Maßnahmen zur Kontrolle der Deckschicht einzusetzen, so z. B. die gerade erwähnte integrierte Rückspülung und zusätzlich während einer kurzen Unterbrechung der Filtration die Rückspülung und Regeneration der Membran mit heißem Wasser und die Umkehr der Überströmungsrichtung; vgl. G.W. Steinhoff, Brauindustrie 7/89, Seiten 748 bis 750, insbesondere Seite 750, rechte Spalte, Abschnitt "Verschiedene Gerätegrößen".

Insbesondere das Zurückdrücken von Filtrat durch die Membran bringt jedoch auch Probleme mit sich, insbesondere infolge der dadurch unvollständigen von der Membranoberfläche abgelösten Deckschicht. Da wie oben erwähnt, die Deckschicht insbesondere dort abgelöst wird, wo diese dem Rückspülvorgang nur einen geringen Strömungswiderstand entgegensetzt, werden die Teile der Membranoberfläche, welche eine dicke Deckschicht tragen, bei der Rückspülung benachteiligt, wie im einzelnen von T. Faust et al., in Chem.-Ing.-Tech. 61, 1989, Nr. 6, Seiten 459 bis 468, insbesondere Seite 466, erläutert wird.

Bei all den bekannten Verfahren sinkt die Effektivität der Filtration im Laufe der Zeit, so daß das Crossflow-Mikrofiltrationsverfahren für die Klärung von Bier bisher wirtschaftlich noch nicht eingesetzt werden konnte. Darüber hinaus müssen mit sinkender Effektivität der Filtration die Überströmgeschwindigkeit und der transmembraner Druck auf sehr hohe Werte eingestellt werden, wenn überhaupt noch annehmbare Filtrationswirkungen erzielt werden sollen, so daß der Energiebedarf sehr hoch wird. Aufgrund der sinkenden Filtereffektivität sind zusätzlich auch die Standzeiten der verwendeten Membranfilter reduziert.

3

In der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung P 42 27 2254 sind mehrere Maßnahmen vorgeschlagen worden, das Zusetzen der Membran mit schlagenden Stoffen, das zu filternden Bieres zu verhindern. Inhaltsstoffen, die zu filternden Bieres zu verhindern bzw. zu reduzieren. Unter anderem wurde dort vorgeschlagen, den transmembranen Druck und die Überströmgeschwindigkeit des Bieres längs der Oberfläche der Membran als Funktionen der Zeit zu steuern, wobei zu Beginn der Filtration ein niedriger transmembraner Druck und eine hohe Überströmgeschwindigkeit bräuner Druck und diese Werte im Verlauf der Filtration eingestellt und diese Werte im Verlauf der Filtration im Sinne eines ansteigenden transmembranen Druckes und abfallenden Überströmgeschwindigkeit variiert werden. Außerdem soll die Filtration in Intervallen kurzfristig unterbrochen und während dieser Unterbrechungen die Membran vorzugsweise mit Wasser rückgespült werden. Zwar konnten durch diese Maßnahmen die Filtrationsergebnisse verbessert werden; jedoch sank auch hierbei langfristig die Effektivität der Filtration.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Klären von Bier mit Hilfe der Crossflow-Mikrofiltration anzugeben, mit dem auch über lange Filterzeiten hohe Fluxraten bei gleichzeitig relativ geringem Energiebedarf erreicht werden können.

Diese Aufgabe ist gemäß der Erfindung durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Wesentliches Merkmal der Erfindung ist das chemische Anlösen der Deckschicht mit vorzugsweise einer 0,2 bis 50%igen Natronlauge. Hierfür ist nur eine geringe Menge Lauge notwendig, da die Deckschicht und insbesondere die kolloidal gelösten Stoffe lediglich angelöst werden und durch die Lauge nicht entfernt werden müssen. Die vollständige Entfernung der angelösten Deckschicht erfolgt im wesentlichen rein mechanisch durch das anschließende Rückspülen der Membran mit vorzugsweise Wasser, wodurch die Deckschicht abgehoben wird.

Vorzugsweise wird für die Reinigung der Filter auf der Filtratseite mit der Lauge gefüllt, die dann durch die Membran vorzugsweise mit Hilfe des als Spülmittel dienenden Wassers auf die Unfiltratseite gedrückt wird.

Überdies kann die Lauge bei niedriger Temperatur, z. B. Zimmertemperatur verwendet werden.

Es hat sich ferner herausgestellt, daß die Effektivität der Filtration noch dadurch erhöht werden kann, daß der transmembranen Druck nach einer Zeitfunktion so gesteuert wird, daß sich in bestimmten Zeitintervallen eine integrierte Rückspülung mit Filtrat einstellt.

Die Zeitfunktion zur Steuerung des transmembranen Druckes ist vorzugsweise eine im wesentlichen periodische z. B. sinus-, dreiecks- oder sägezahnähnliche Funktion. Mit der Filtration wird bei einem Minimum transmembranen Druck gestartet, der zwischen Durchströmung der Membran und einem Maximum liegt und eine Durchströmung der Membran über im wesentlichen deren gesamte Oberfläche ohne Rückfluß von der Filtrat- auf die Unfiltratseite gewährleistet. Nach Erreichen des maximalen transmembranen Druckes wird dieser wiederum in Richtung auf ein Minimum gedrückt, wobei eine integrierte Rückspülung der Membran mit Filtrat von der Filtratseite auf die Unfiltratseite einstellt, die sich solange fortfährt, bis der transmembranen Druck nach Durchlaufen des Minimums wieder einen entsprechenden Wert erreicht, bei dem die Membran vollständig von der Unfiltrat- auf die

Filtratseite durchströmt wird. Der Filtrationseffekt kann insgesamt verbessert werden, wenn nach Ende der integrierten Rückspülung die Flußrichtung des die Membran überströmenden Bieres umgekehrt wird. Das Bier überströmt dann zunächst den durch die integrierte Rückspülung zumindest teilweise gereinigten Bereich der Membran, so daß sich dort eine hohe Fluxrate einstellt. Diese Flußrichtungsumkehr sollte nach jedem integrierten Rückspülen erfolgen.

Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, zusätzlich die Steuerung des transmembranen Druckes auch die Überströmgeschwindigkeit des Unfiltrates längs der Membran zu steuern, und zwar derart, daß nach Beginn der Filtration die Überströmgeschwindigkeit im wesentlichen kontinuierlich vergrößert wird. Der Filtrationsprozeß wird demnach mit einer relativ geringen Überströmgeschwindigkeit gestartet, die dann allmählich angehoben wird. Diese Maßnahme hat auch energetische Gründe: Bei einer anfänglich relativ geringen Überströmgeschwindigkeit wird aufgrund der noch sauberen Membran eine hohe ausreichende Fluxrate erreicht, wobei später durch die ansteigende Überströmgeschwindigkeit die sich auf der Membran absetzenden Partikel durch das schnell darüberströmende Unfiltrat zumindest teilweise fortgerissen werden, so daß eine allzu dicke Deckschicht vermieden wird.

Auch wenn zwischen dem Beginn der Filtration und der Reinigungs- und Spülphase die Flußrichtung des Bieres umgekehrt wird, ist es vorteilhaft, den Absolutwert der Überströmgeschwindigkeit in der neuen Richtung etwa auf den Endwert der vorhergehenden Überströmphase einzustellen, so daß der Absolutwert der Überströmgeschwindigkeit zwischen Beginn der Filtration und der Reinigungs- und Spülphase im wesentlichen kontinuierlich angehoben wird.

Diese Anhebung der Überströmgeschwindigkeit kann für jede Filtrationsphase zwischen zwei Reinigungs- und Spülphasen vorgenommen werden; es ist jedoch auch möglich, die Geschwindigkeitssteuerung lediglich in der Anfangsphase einer Filtration vorzunehmen und dann die Überströmgeschwindigkeit während der restlichen Filtrationsdauer etwa auf einem konstanten gehobenen Niveau zu halten.

Die Erfindung ist in Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert; in dieser stellen dar: Fig. 1 ein schematisches Diagramm einer Anlage zum Klären von Bier mit Hilfe der Crossflow-Mikrofiltration gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines verwendeten Crossflow-Filter mit seinen Anschlüssen;

Fig. 3 ein Kurvendigramm zur Erläuterung der Steuerung des transmembranen Druckes und der Überströmgeschwindigkeit des Bieres über die Membran eines Filtermoduls;

Fig. 4 ein Kurvendigramm für eine modifizierte Steuerung des transmembranen Druckes und der Überströmgeschwindigkeit;

Fig. 5 ein Zeitdiagramm der mittleren Fluxrate in Abhängigkeit der Zeit für einen gemäß der Erfindung durchgeführten Filtrationsversuch und einen zugehörigen Vergleichsversuch;

Fig. 6 der spezifische Energieeintrag in Abhängigkeit der Zeit für den Versuch gemäß der Erfindung und den zugehörigen Vergleichsversuch gemäß Fig. 5; und

Fig. 7 eine Anordnung der Pumpe und mehrerer Filtermodule für eine modifizierte Versuchsanlage. Die Filtrationsanlage gemäß Fig. 1 weist einen Vorraustank 1 für das zu klärende Bier, d. h. das Unfiltrat,

auf, ferner eine Förderpumpe 2, einen Wärmetauscher 3, ein Filtermodul 4 und einen Auffangtank 5 für das gefilterte Bier. Sämtliche Elemente sind durch ein Leitungssystem 6 verbunden, um einen Kreislauf des Bieres zwischen Vorrattank, Förderpumpe, Wärmetauscher und Modul zu ermöglichen. Die Menge des im Kreislauf fließenden Bieres kann durch zwei Drosseln 7 und 8 am Einlauf und Auslauf des Vorrattanks eingestellt werden. Jeder Drossel 7 bzw. 8 ist noch ein Absperrventil 9 bzw. 10 stromab- bzw. stromaufwärts zugeordnet. In der Anlage gemäß Fig. 1 fließt das zu klärende Bier im Gegenuhrlaufgerinn durch das Leitungssystem 6, wie durch den Pfeil Pangedeutet.

Zwischen den beiden Absperrventilen 9 und 10 ist noch eine Querleitung 11 mit einem Absperrventil 12 vorgesehen, die ebenfalls dazu dient, den Kreislauf innerhalb des Leitungssystems zu regulieren. Die erwähnten Drosseln und Absperrventile können so eingestellt werden, daß das Bier in seinem Kreislauf durch das Leitungssystem 6 entweder vollständig, nur teilweise oder zumindest in einigen Zeitsabschnitten überhaupt nicht durch den Vorrattank 1 strömt.

In dem Leitungssystem sind noch zwei weitere Querleitungen 13 und 14 vorgesehen, die zwischen dem Ausgang des Wärmetauschers 3 und dem des Filtermoduls verlaufen und in denen jeweils ein Ventil 15 bzw. 16 angeordnet ist. Zwischen der Abzweigung der Querleitung 13 und dem Eingang des Filtermoduls 14 sowie zwischen dem Ausgang des Filtermoduls 4 und dem Abzweigungspunkt der Querleitung 14 ist jeweils ein Ventil 17 bzw. 18 vorgesehen. Mit Hilfe der Querleitungen 13, 14 und den Ventilen 15 bis 18 kann die Strömungsrichtung in dem Filtermodul umgekehrt und ganz allgemein der Kreislauf des Bieres in dem Leitungssystem 6 beeinflusst werden.

Ein- und Ausgang des Filtermoduls 4 sind ebenfalls jeweils mit einem Absperrventil 19 bzw. 20 versehen.

Von dem Filtermodul 4 zweigt eine durch ein Ventil 21 zum unterbrechende Leitung 22 ab, die zum Auffangtank 5 führt, aus dem das Bier über eine Entnahmeleitung 23 und ein Ventil 24 abgezogen werden kann.

Mit dem Vorrattank 1 bzw. dem Auffangtank 5 ist noch über jeweils zwei Ventile 25, 26 bzw. 27 und 28 ein Gaskanal 29 mit entsprechenden Pump- und Saugvorrichtungen versehen, der dazu dient, über den ungefilterten Bier im Vorrattank 1 bzw. dem gefilterten Bier im Auffangtank 5 ein Gaspolster G1 bzw. G2 einzurichten.

Das Filtermodul 4 ist in der Figur nur sehr schematisch als Block mit einer gestrichelt angedeuteten Membrananordnung M angegeben. Üblicherweise weist eine solche Filtereinheit eine Vielzahl von z. B. rohrförmigen Filtermodulen mit einer inneren konzentrischen Membran auf, durch die das zu filternde Bier strömt.

In die Filtralseite des Filtermoduls 4 mündet noch eine Leitung 31, die mit Hilfe eines Ventiles 32 absperrbar ist. Nach dem Ventil 32 verzweigt sich die Leitung, wobei ein Zweig über ein Ventil 33 zu einem Anschluß 34 für die Zufuhr von Natronlauge und der andere Zweig über ein Ventil 35 zu einem Wasseranschluß 36 führt.

Vor dem Ventil 21 zweigt von der Leitung 22 noch eine durch ein Ventil 37 absperrbare Leitung 38 ab, die über einen Abfluß 39 zu einem nicht dargestellten Laugenaufbereitungsbehälter führt.

Zwischen Filtermodul 4 und dem Ventil 19 zweigt noch eine Leitung 40 ab, die über ein Ventil 41 in einen Abfluß 42 bzw. in den erwähnten Laugenaufbereitungs-

behälter führt.

Es sind noch mehrere Sensoren, hier die Sensoren S1 bis S10 vorgesehen, mit denen je nach Funktion der Druck in dem System, die Temperatur des Bieres, die Durchflußmenge etc. gemessen werden.

Die beschriebene Anlage wird mit Hilfe einer Steuer- und Regelungseinrichtung 50 gesteuert, die z. B. aus einer Programmeneinheit 51, einer Eingabe- und Auswerteneinheit 52 und der eigentlichen Steuerung 53 besteht. Über die Eingabeinheit 52 können die gewünschten Verfahrensparameter eingegeben werden; außerdem werden dieser Einheit auch die Signale der Sensoren zugeführt, so daß gegebenenfalls das in der Programmeneinheit 51 festgelegte Programm zur Steuerung der gesamten Anlage beeinflusst werden kann. Von der Steuerung 53 werden dann Steuersignale C1 an die einzelnen Elemente der Anlage gegeben, insbesondere an die erwähnten, für die Steuerung notwendigen Ventile, die Pumpe 2 und den Wärmetauscher 3.

In Fig. 3 ist über der Zeit t in Minuten der Verlauf des transmembranen Druckes p sowie der Absolutbetrag der Überströmgeschwindigkeit v für einen Filtrationsprozeß mit mehreren Filtrationsphasen aufgetragen.

Der Verlauf des transmembranen Druckes p folgt einer sinusähnlichen Funktion mit einer Periodendauer von ca. 30 Minuten, wobei in diesem Versuch eine Filtrationsphase jeweils 120 Minuten dauert. Zu Beginn der ersten Filtrationsphase wird der transmembrane Druck rasch auf etwa 0,5 bar hochgefahren, so daß die Membran über ihre gesamte Oberfläche von dem ungefilterten Bier durchströmt wird. Der transmembrane Druck wird anschließend erhöht und nach Erreichen des ersten Maximums bei etwa 2,5 bar wieder abgesenkt, wobei diese Drucksteuerung durch eine entsprechende Steuerung der Gaspolster G1 und G2 erfolgt. Etwa zum Zeitpunkt t1 erreicht der Druck einen so geringen Wert, daß nunmehr die oben erwähnte integrierte Rückspülung der Membran M beginnt. Bei Erreichen des Minimalwertes von ca. 0 bar wird dann etwa die Hälfte der Membranfläche von der Filtralseite auf die Unfiltralseite mit Filtrat durchströmt. Nach Durchfahren des Minimums wird der Druck erneut angehoben und erreicht etwa zum Zeitpunkt t2 einen Wert etwa entsprechend dem Anfangswert, so daß die integrierte Rückspülung der Membran M beendet und diese wiederum auf ihrer gesamten Fläche von der Unfiltralseite auf die Filtralseite durchströmt wird.

Dieses Spiel wird nun wiederholt, so daß sich jeweils zwischen den Zeiten t3 und t4 sowie t5 und t6 diese integrierte Rückspülphase einstellt.

Zusätzlich wird nach jeder integrierten Rückspülphase, d. h. zu den Zeitpunkten t2, t4 und t6 die Fließrichtung des Bieres längs der Membran umgekehrt, wobei möglichst rasch wieder der vor der Fließrichtungsänderung erreichte Absolutwert der Überströmgeschwindigkeit eingestellt wird, wie dies durch die durchgezogene Kurve der Absolutgeschwindigkeit in Fig. 3 dargestellt ist. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Absolutwert der Überströmgeschwindigkeit nach der gestrichelten Kurve v' zu steuern, die nach der ersten Fließrichtungsänderung demnach niedriger liegt. Diese geringere Geschwindigkeit ist in der Regel ausreichend, da durch den erwähnten integrierten Rückspülvorgang die Membran zumindest teilweise gereinigt worden ist und die Fluxrate trotz der etwas niedrigeren Geschwindigkeit hoch gehalten werden kann.

Nach Durchfahren des vierten Maximums und Absenken des transmembranen Druckes wird die Filtration

Pumpen P1 und P2 fördern das Bier durch die Module und wieder zurück in die Speiseleitung. Die Anordnung kann selbstverständlich noch mit weiteren Filtermodulen entsprechend erweitert werden.

In der Fig. 7 sind die Wärmetauscher, Sensoren etc. nicht eingezeichnet.

In einer Demonstrationsanlage wurden für die Überströmgeschwindigkeit Werte zwischen 0,2 und 15 Meter pro Sekunde, vorzugsweise zwischen 0,5 und 8 Meter pro Sekunde und für den transmembranen Druck Werte bis 6 bar verwendet. Die Membranen hatten Porendurchmesser zwischen 0,1 und 2,0 Mikrometer, vorzugsweise zwischen 0,2 und 1,0 Mikrometer. Die Temperatur des Bieres wurde für die Filtration auf etwa 0°C eingestellt.

Es wurden auch Filtrationen mit einem anderen als dem geschilderten Steuerungsschema ausgeführt, nämlich: periodisches Anlösen der Deckschicht und mechanische Entfernung durch anschließende Wasserrückspülung bei konstant gehaltenem Druck und konstanter Überströmgeschwindigkeit mit und ohne Fließrichtungsumkehr; periodisches Anlösen der Deckschicht mit anschließender Wasserrückspülung bei variiertem transmembranen Druck und konstanter Überströmgeschwindigkeit, ebenfalls mit und ohne Fließrichtungsumkehr.

Für die Drucksteuerung wurden auch andere variierende Zeitfunktionen mit abwechselnden Maxima und Minima verwendet, insbesondere sägezahn- dreiecks- ähnliche Zeitfunktionen. Ferner wurde bei einer Geschwindigkeitssteuerung in der ersten Filtrationsphase die Überströmgeschwindigkeit in den nachfolgenden Filtrationsphasen auf relativ hohem Niveau im wesentlichen konstant gehalten.

Auch diese Varianten, insbesondere die oben erwähnte zweite und dritte Variante, zeigten gute Ergebnisse hinsichtlich Flukture und Energiebedarf. Die Kombination der oben in Verbindung mit den Fig. 3 und 4 beschriebenen Schritte erwies sich für die Filtration jedoch am wirkungsvollsten, d. h. Variieren des transmembranen Druckes nach einer im wesentlichen periodischen sinusähnlichen Zeitfunktion mit integrierter Rückspülung, im wesentlichen kontinuierliche Vergrößerung der Überströmgeschwindigkeit zumindest während der ersten Filtrationsphase, Anlösen der Deckschicht mit Lauge und Rückspülen der Membran mit Wasser nach jeder Filtrationsphase.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Klären von Bier mit Hilfe der Crossflow-Mikrofiltration, wobei das zu klärende Bier in einem Filter eine poröse Membran überströmt, so daß sich zwischen dieser Überström- bzw. Unfiltratseite und der gegenüberliegenden Filtratseite der Membran ein transmembraner Druck einstellt und dadurch ein Teil des Membran überströmenden Bieres die Membran quer durchströmt, wobei auszufiltrierende Inhaltsstoffe, wie Hefen, andere Trübstoffe sowie kolloidal gelöste Stoffe oder dergleichen, sich als Deckschicht auf der Membran absetzen und das geklärte Bier auf der Filtratseite der Membran gesammelt wird, und

wobei ferner die Filtration in Intervallen unterbrochen und in anschließenden Pausen die Membran gereinigt wird, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Pause die Membran kurzzeitig mit einer Reinigungsflüssigkeit, insbesondere einer Lauge, bespült wird, um die Deckschicht mit den kolloidal gelösten Stoffen chemisch anzulösen, und daß anschließend zum mechanischen Entfernen der angelösten Deckschicht die Membran mit einer Spülflüssigkeit, vorzugsweise Wasser, von der Filtratseite auf die Unfiltratseite rückgespült wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reinigungsflüssigkeit auf der Filtratseite in den Filter gefüllt und von der Filtrat- auf die Unfiltratseite durch die Membran, vorzugsweise mit Hilfe der Spülflüssigkeit gedrückt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in jeder Filtrationsphase der transmembranen Druck (p) nach einer Zeitfunktion, die abwechselnd jeweils ein Maximum und ein Minimum aufweist, gesteuert wird, wobei die Druckwerte im Bereich um die Minima so eingestellt werden, daß dort während der Filtration zumindest ein Teil der Membran von der Filtrat- zur Unfiltratseite durchströmt und damit integriert rückgespült und gereinigt wird, und daß die Pause zum Reinigen der Membran frühestens nach dem zweiten Maximum des transmembranen Druckverlaufes beginnt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitfunktion für den transmembranen Druck eine im wesentlichen periodische sinus-, dreiecks- oder sägezahnähnliche Funktion ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitfunktion bei einem transmembranen Druck startet, der zwischen einem Minimum und einem Maximum liegt und eine Durchströmung der Membran über im wesentlichen deren gesamte Oberfläche von der Unfiltrat- auf die Filtratseite ohne Rückfluß gewährleistet, und daß der transmembranen Druck von diesem Anfangswert in Richtung auf ein Maximum gesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während einer Filtrationsphase die Überströmgeschwindigkeit des Bieres über die Membran ausgehend von einem Anfangswert im wesentlichen kontinuierlich vergrößert wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fließrichtung des Membran überströmenden Bieres in bestimmten Zeitintervallen, vorzugsweise jeweils nach einer integrierten Rückspülung der Membran entsprechend Anspruch 3, umgekehrt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Pausen für die Reinigung und Spülung der Membran wesentlich kürzer als die Filtrationsphasen sind.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Reinigungsflüssigkeit Natronlauge, vorzugsweise eine 0,2- bis 5%ige Natronlauge verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtrationsphasen mit den anschließenden Pausen im wesentlichen periodisch ablaufen.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

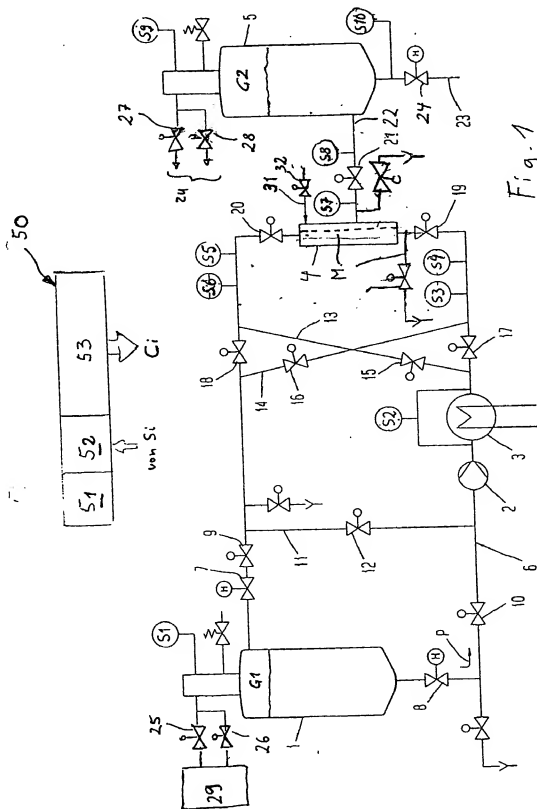
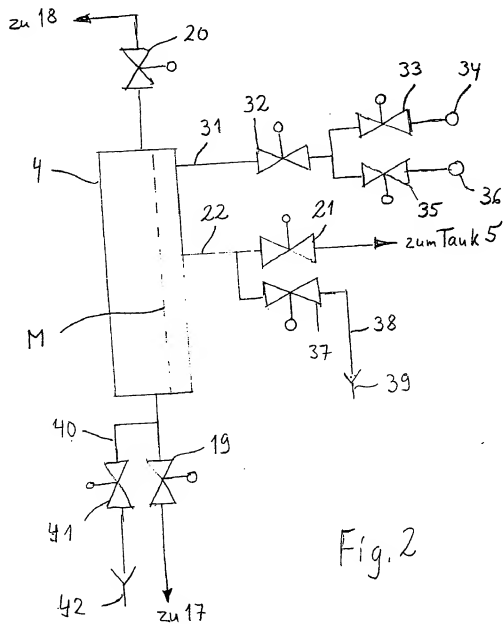


Fig. 1



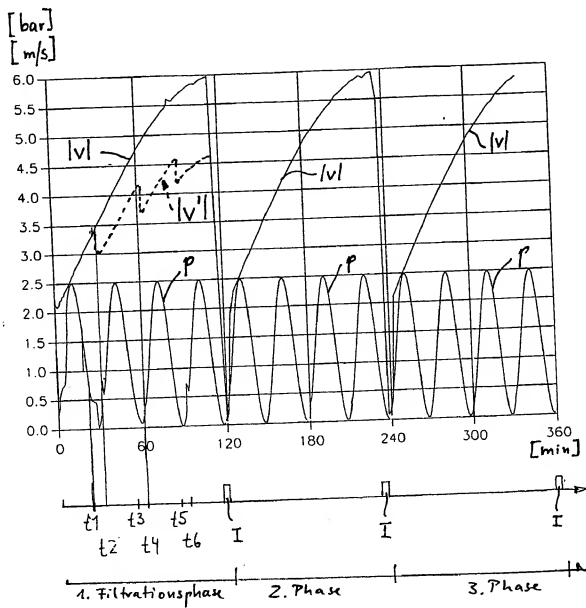


Fig. 3

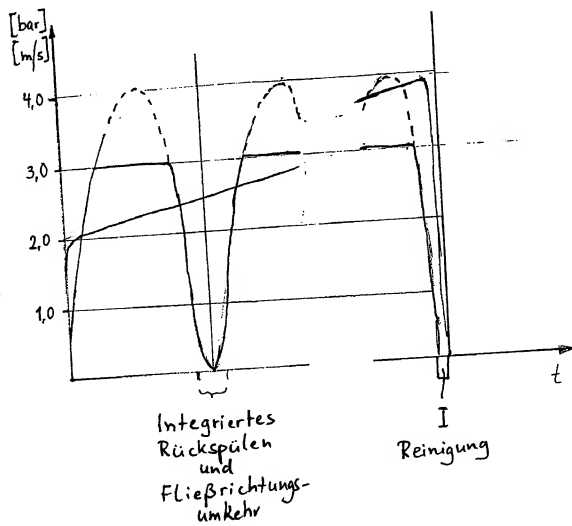


Fig. 4

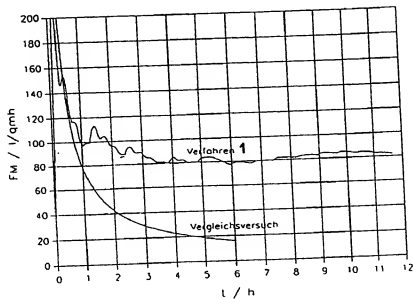


Fig. 5

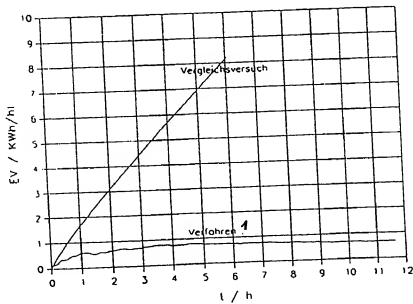


Fig. 6

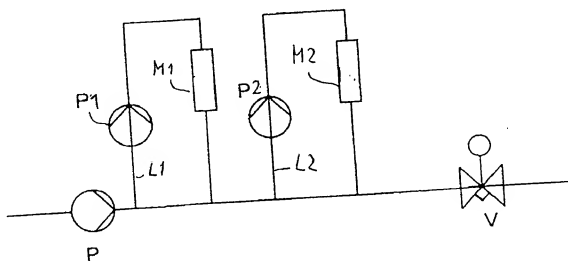


Fig. 7